نظام الوقود في الطائرة

بإشراف الدكتور المهندس: طريف الأشتـر

إعداد الطلاب:

عمار الغيث - هادي فرج - عمران الشرع – محمد أيمن وهيبة

يتم ترك هذه الصفحة فارغاً
وعند الطباعة لا تتم طباعتها
وتستبدل بفراغ

نظـــام الوقـــود

إنّ الهدف من نظامَ الوقودِ في الطائرةَ هو تخزين الوقود وتغذية المحرّكاتِ ووحداتِ الطاقة المــساعدة بطريقة آمنة لإنجاز مختلف مهماتِ الطيرانِ،بما في ذلك حالاتِ الطوارئ

لذلك فان اعتبارات التصميمِ الرئيسيةِ للنظامِ بالإضافة إلى متطلباتَ الأداءِ الأساسيةِ الضروريةِ يجــب أن تلبي: الأمان، التوافق، الثقة، وقابلية الصيانة.

أجزاء نظام الوقود

1- خزانات الوقود:

تتوضع خزّانات الوقود بشكل عام ضمن جناحَ الطائرةِ. و كحَدّ أدنى خزان واحد لكُــلّ محــرّك. ويتعلق عدد الخزانات بحجم الطائرة والمهمة المصممة لأدائها حيث أن بعض الطائرات تحوي خزان في بدن الطائرة لزيادة كمية الوقود المحمولة.

يتم تصميم خزانات الوقود حسب مجموعة بارامترات يجب أخذها بعين الاعتبار من أجل ضــمان تصميم ميكانيكي موثوق وتجنب حدوث الأعطال ومن هذه النقاط:

- معرفة كمية الوقود التي يجب أن يحتويها الخزان.
- تجنب حدوث أي تسرب من الخزان.
- مقاومة جيدة للاهتزاز.
- مقاومة جيدة للقوى الناتجة أثناء عملية الهبوط.
- يجب أن لا يحوي نقاط أو مواضع منخفضة تحجز الوقود وتعيق تدفقه.
- عدم تسرب الماء أو الوقود من خلال فتحات التعبئة للخزان.

2- مضخات ضخ الوقود :

وتضمن تزويد الوقود للنظام في كافة الوضعيات (إقلاع-هبوط-تــسلق الخ...). ويتعلــق عــدد المضخات بعدد المحركات الموجودة في الطائرة. وتنقسم إلى مضخات رئيسية وأخرى احتياطية تستخدم في حالات الطوارئ.

3- صمامات متعددة الأنواع حسب الهدف :

يحتوي نظام الوقود على صمامات الكترونية و آلية ولكن لزيادة الأمان يزود كل خـــزان بـــصمام يدوي وذلك لاستخدامه في حالات الطوارئ .

4- مصافي الوقود :

وهي عنصر ضروري و هام في نظام الوقود من أجل تصفية الوقود من الأجسام الغريبة و الشوائب ومنعها من الدخول في نظام الوقود ذو المقاطع الصغيرة وبالتالي تجنب حدوث أعطال في النظام.

ومن الضروري استخدام مصافي جيدة وقابلة للتنظيف وان تتوضع في أماكن بارزة لسهولة إجـــراء عملية التنظيف.

5- حساسات ضغط وحرارة :

وهى عنصر مهم في نظام الوقود وذلك لقياس درجة حرارة الوقود في الخزانات وقيمة ضغط الوقود في النظام وهي موصولة إلى مؤشرات دلالة في لوحة التحكم .

وهذه الحساسات يجب أن تكون ذات وثوقية ودقة عالية إذ من خلالها يتم معرفة كميـــة الوقـــود المحمولة في الطائرة.

6- شبكة أنابيب التوصيل :

تربط مكونات نظام الوقود بحيث تؤمن تغذية الوقود للمحركات ونقل الوقود من و إلى الخزانـــات خلال عملية التفريغ و التعبئة.

7- الوقود :

إحدى أهم خصائصِ وقودِ الطيرانِ قدرته للعمل كمبرد للأنظمةِ الأخرى حيث له قـــدرة عاليـــة لامتصاص الحرارة وبنفس الوقت له نفس القدرة للتخلص من هذه الحرارة.و تعود هذه الخاصية للـــسعة الحرارية النوعية للوقود وبدرجة الحرارة القصوى التي يمكن أن يصل إليها الوقود دون أن تـــتغير خواصـــه الفيزيائية والكيميائية.

وأيضا من الخصائص الهامة للوقود الوزن النوعي واللزوجة لما لهما من تأثير على تـــدفق الوقـــود في النظام والذي يلعب الدور الرئيسي في عملية تصميم مضخات الوقود .

يتم استخراج الوقود من تكرير البترول الخام الذي يحتوي على أرقام عالية و كبيرة مـــن العناصـــر الهيدروجينية و الكربونية المعقدة .

إن وقود المحركات النفاثة مكون تقريبا من :

- 16% ذرات هيدروجين.
- 84% ذرات كربون.

وقليلا من الشوائب مثل : الكبريت – النتروجين – الماء – رواسب.

بعض أنواع وقود الطائرات

وقود JP-3 :

مواصفات هذا الوقود :

- ضغط التبخر [35.5-48.3 KPa]
- نقطة التجمد [-40 c]
- وهو مزيج من (٦٥- ٧٠) بترين و (٣٥ – ٣٠) كيروسين
- يمتلك صفات مشابهة جدا للبترين ويمكن إقلاع المحرك بواسطته في الطقس البارد وإعادة الإقـــلاع في الارتفاعات العالية.
- من مساوئه : فقدان كميات كبيرة منه أثناء التسلق بسبب عملية التبخر .

وقود JP -4 :

مواصفات هذا الوقود :

- ضغط التبخر [13.8 – 20.7 KPa]
- نقطة التجمد [-60 c]
- وهو مزيج من الكيروسين مع النفتالين و البترين وهو يستخدم للاستعمالات العسكرية. فعالية هذا النوع من الوقود في أداء الحرّاق الإضافي (الحارق) خلال الطقس البارد و الارتفاعات الغالية .

وقود JP -5 :

مواصفات هذا الوقود:

- نقطة التجمد [-50 c]
- نقطة وميض (FLASH POINT) عند [60 c]
- يستخدم كوقود لحاملات الطائرات.

دراسة تفصيلية لنظام الوقود للطائرة A320

وظائف نظام الوقود في الطائرة A320

١- مراقبة مستوى الوقود وضغطه و درجة حرارته في الخزانات

ملاحظة :مراقبة مستوى الوقود في الخزان هو نظام يتألف من:

- مؤشر كمية الوقود الرقمي
- وحدات التحكم بحساس مستوى الوقود

٢- نقل الوقود و تحويله

٣ - التحكم بتفريغ وتعبئة الوقود.

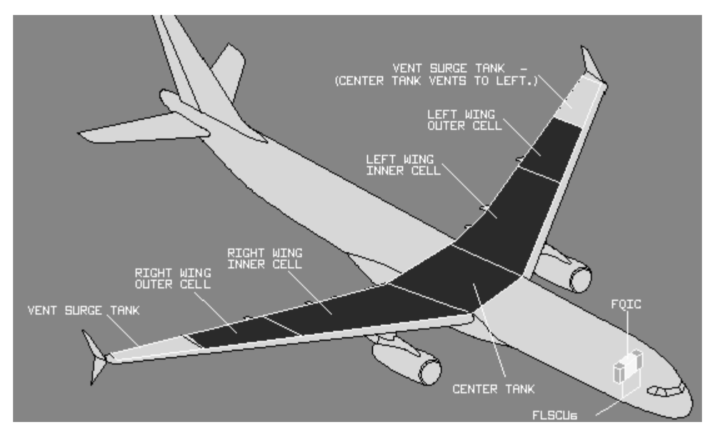
٤- التحذير من الأخطار.

٥ - اختبار الأجزاء.

مكونات نظام الوقود في الطائرة A320

ثلاث خزانات :

خزان مركزي Center Tank يتوضع في بدن الطائرة وخزان في الجناح الأيمن Right Wing Tank وخزان في الجناح الأيسر Left Wing Tank. ينقسم كل خزان في الجناحين إلى خليتين خلية خارجية Outer Cell وخلية داخليةInner Cell، تغذي هذه الخزانات المحركات و المحرك المساعد ونظام تبريد الزيت .



لكل خزان مضختين، وخلال العمل الطبيعي للمحرك تكون المضختين الموجودتين على خزانات الجناح في حالة عمل دائم. تعمل المضخات النابذية على تزويد الوقود للمحركات بالضغط المطلوب أيضا.

تقوم الصمامات المركبة على مضخات الجناح بتخفيض الضغط عن قيمة الضغط للوقود الوارد من المضخة الرئيسية مما يجعل الوقود يتدفق من الخزان الرئيسي أولا ثم بعد نضوب الخزانات الرئيسية تغذى المحركات من وقود الخزانات الثانوية بواسطة المضخات التي تكون في حالة عمل كما ذكرنا سابقا، لتجنب حدوث خلل في تدفق الوقود إلى المحركات عند انتهاء الوقود في الخزان الرئيسي وبالتالي حدوث انقطاع في عملية تزويد الوقود للمحرك.

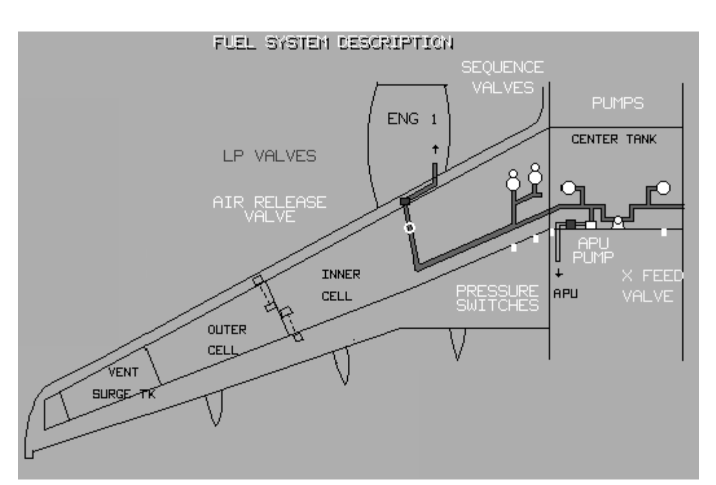
صمام التغذية Cross Feed Valve

يفصل بين خطي التغذية اليميني و اليساري لنظام الوقود .

صمام الضغط المنخفض Low Pressure Valve (LP)

وهو صمام موضوع على خطوط تغذية المحرك والمحرك المساعد ويفتح عندما يعمل المحرك ويغلق في حالة عدم العمل .

مضخة تغذية المحرك المساعد



وهي تعمل بالتيار الكهربائي المستمر أو المتناوب وتزود المحرك بالوقود من الخزان الرئيسي من خط التغذية اليساري.

صمام التحويل Transfer Valve

يوجد في كل خزان داخلي ضمن الجناح حساسين لقياس مستوى الوقود ويتحكمان بصمامي التحويل ،عندما تقل مستوى الوقود في الخزان الداخلي فإن الحساس يعمل على فتح الصمام وبالتالي ينتقل الوقود من الحجرة الخارجية إلى الحجرة الداخلية وهذا الصمام يغلق بشكل اتوماتيكي عندما يعاد تعبئة خزانات الوقود بشكل كامل.

صمام تحرير (تنفيس) الهواء Air Release

وهو صمام يوضع على خط تغذية الوقود للمحرك وذلك للتخلص من فقاعات الهـــواء الموجـــودة داخل خط التغذية والتي يمكن أن تؤثر على عمل المحرك .

نظام التحكم بالوقود FUEL CONTROL SYSTEM

يستطيع الطيار التحكم بنظام الوقود عن طريق لوحة التحكم

لوحة التحكم في نظام الوقود:

تتألف لوحة التحكم بنظام تغذية الوقود من :

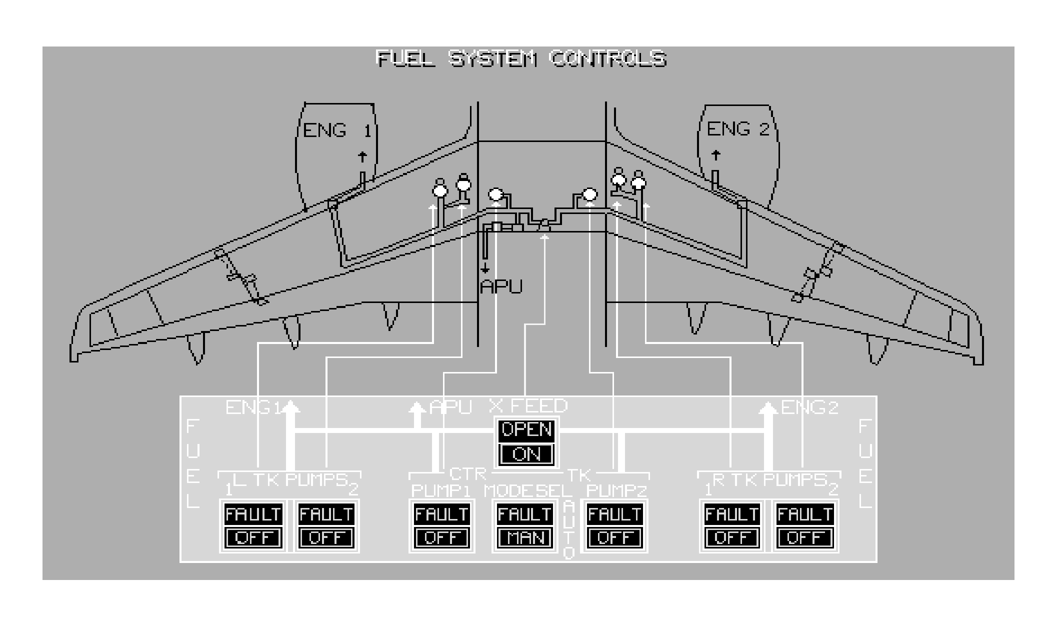
١- مفتاحين لتشغيل وفصل المضختين الموجودتين في الخزان اليساري.

٢- مفتاحين لتشغيل وفصل المضختين الموجودتين في الخزان اليميني.

٣- مفتاح للتحكم بالمضخات المركبة في الخزان الرئيسي وهنا يمكن الاختيار بين نظامي عمل إما بشكل آلي أتوماتيكي أو بشكل يدوي.

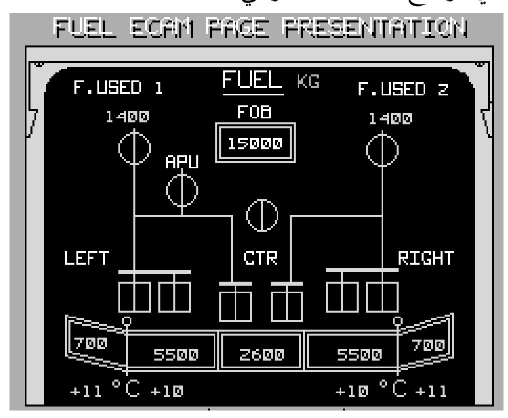
٤- مفتاح X Feed: ويتحكم بصمام Cross Feed.

عندما يكون المفتاح للخارج يكون الصمام مغلق وعند ضغط المفتاح يظهر ضوء أبيض يدل علـــى بدء عمل الصمام وعندما يفتح الصمام بشكل كامل فانه يعطي ضوء أخضر .



الشاشة الالكترونية المركزية للطائرة Electronic Centralized Aircraft Monitoring

وهي عبارة عن لوحة الكترونية تظهر للطيار جميع البارامترات المتعلقة بنظام الوقود والتنبيـــه عـــن حالات الطوارئ .والرسم التالي يوضح هذه الشاشة وهي مطفئة :



في هذه اللوحة تظهر المؤشرات التالية :

1- مؤشر Fuel On Board (FOB) يشير لكمية الوقود الكلية في الخزانات بواحدة الـــ KG ويرمز له بالرمز 15000 كما يعطي هذا المؤشر اللون الأحمر في حالة الوقود الغير صالح للاستخدام تماما بسبب عطل ما ويرمز له بالرمز 15000

٢- مؤشر كمية الوقود في كل خزان وهو موجود في أسفل لوحة الـــتحكم، ويعـــبر عنـــه بالدلالات التالية وسنوضح ذلك بمثال :

- كمية الوقود الطبيعية في الخلايا الداخلية : 5500 (اللون الداخلي أخضر)
- المؤشر غير صحيح: 5500 (اللون الداخلي أخضر)
- كمية الوقود غير كافية 700 (اللون الداخلي أخضر)
- كمية الوقود غير قابلة للقياس XX (اللون الداخلي أحمر)

٣- مؤشر درجة حرارة الوقود وهو موجود أسفل مؤشر كمية الوقود يظهر باللون الأخضر في الحالة الطبيعية (درجة الوقود النظامية) وباللون الأحمر في الحالات الغير نظامية. حيث أن مجال درجة الحرارة النظامي اعتبار (-40 oC : 40 oC)

٤- مؤشر صمام LP :

ويظهر بلون أخضر في حالة تمرير الوقود ⦶ ويظهر بلون أحمر في حالة إغلاقه ⦶.

٥- مؤشر مضخات الخزان :

المؤشر : (اللون الداخلي أخضر) يشير لعمل المضخة وضغط طبيعي .

المؤشر : (اللون الداخلي أحمر) يشير لإطفاء المضخة.

المؤشر : (اللون الداخلي أخضر) يدل أن مضخة الخزان الرئيسي تطفئ بشكل آلي.

المؤشر LO : (اللون الداخلي أحمر) يدل أن المضخة تعمل ولكن الخزان فارغ .

٦- مؤشرات صمام التحويل :

المؤشر : (اللون الداخلي أخضر) يدل أن صمام أو صمامي التحويل في حالة عمل.

المؤشر : (اللون الداخلي أخضر) يدل أن كلا صمامي التحويل مغلقين .

المؤشر : (اللون الداخلي أحمر) يدل أن صمام التحويل في حالة عمـل غـير نظامية (أي مستوى الوقود لا يتطلب تشغيل الصمام).

المؤشر : (اللون الداخلي أحمر) يدل أن كلا صمامي التحويل مغلقين (حالـة مستوى متدني للوقود في الخزانات الداخلية)

٧- مؤشر صمام CROSS FEED :

المؤشر : (اللون الداخلي أخضر) مؤشر يدل على إغلاق الصمام.

المؤشر : (اللون الداخلي أخضر) مؤشر يدل على عمل الصمام .

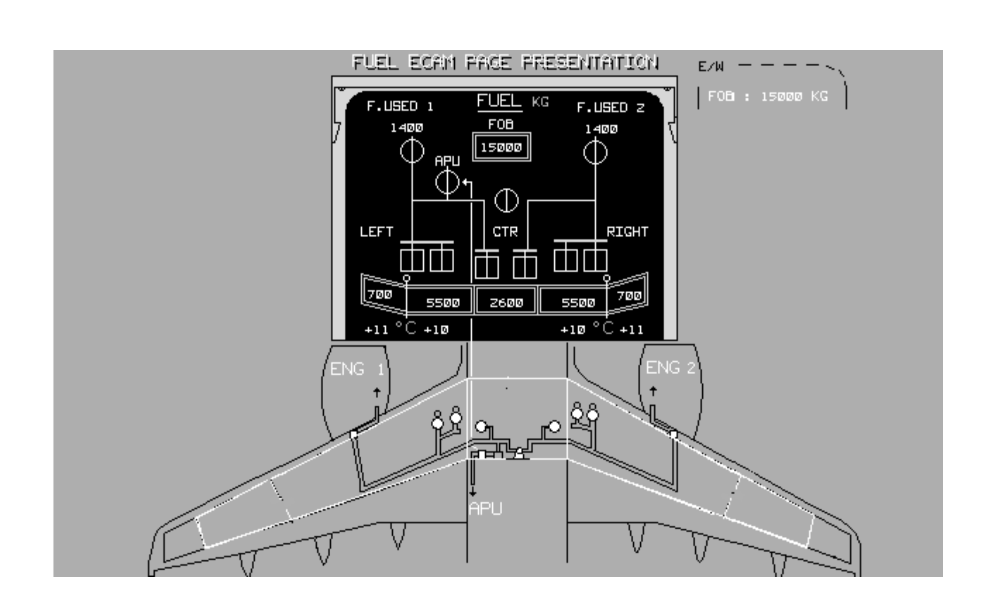
المؤشر : (اللون الداخلي أحمر) مؤشر يدل على إغلاق الصمام رغم تشغيله من قبل الطيار.

المؤشر : (اللون الداخلي أحمر) مؤشر يدل على تشغيل الصمام رغم إطفائه من قبل الطيار.

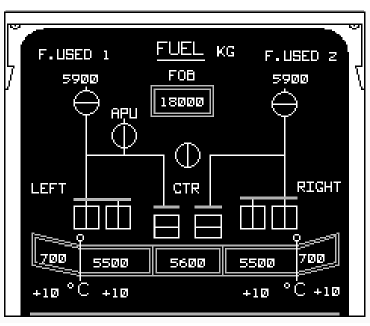
٨- مؤشرات استهلاك الوقود من المحرك

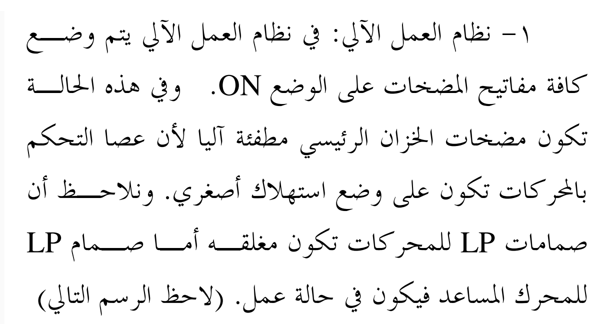
٩- مؤشر الدلالة على رقم المحرك: وحالته فيما اذاكان مشغل أم لا.

وفي ما يلي رسم توضيحي يبين مؤشرات الشاشة كاملة وهي مضاءة بحالة عمل طبيعي:

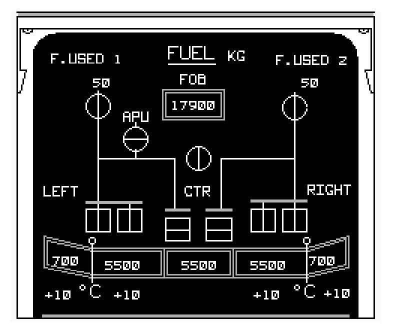


آليـــــة العـــمــــــــــل



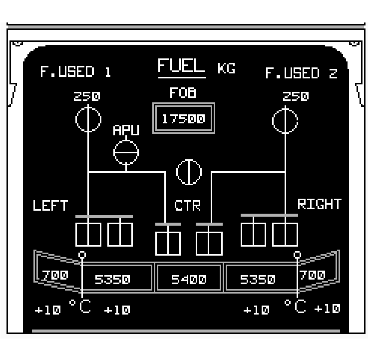


١- نظام العمل الآلي: في نظام العمل الآلي يتم وضـــع كافة مفاتيح المضخات على الوضع ON. وفي هذه الحالـــة تكون مضخات الخزان الرئيسي مطفئة آليا لأن عصا التحكم بالمحركات تكون على وضع استهلاك أصغري. ونلاحـــظ أن صمامات LP للمحركات تكون مغلقـــه أمـــا صـــمام LP للمحرك المساعد فيكون في حالة عمل. (لاحظ الرسم التالي)

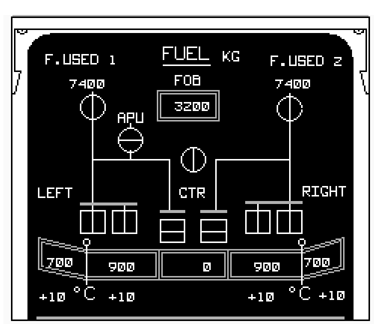


٢- عند تشغيل المحركات فان المؤشر الدال على وضعية المحرك يضيء بالون الأبيض وتفـــتح صـــمامات الـــ LP للمحركات ويغلق صمام LP للمحرك المساعد (APU) أما عصا التحكم للمحرك فتكون بالوضع (O).

٣- يتم تشغيل مضخات الخزان الرئيسي لمدة دقيقتين مع بقاء عصا التحكم بالوضع (O) أي يتم سحب الوقود من الخزان الرئيسي ثم تطفئ بشكل آلي .



٤- في بداية الإقلاع تسحب عصا التحكم بالمحركات مما يؤدي إلى تشغيل المضخات الرئيسية ويبدأ استهلاك الوقود من الخزانات الرئيسية.



٥- عند استهلاك كامل الوقود من الخزان الرئيسي تطفئ مضخات الخزان الرئيسي و تستمد المحركات وقودها من الخلايا الداخلية للخزانات الجانبية بواسطة المضخات الموصولة معها والتي تكون دوما في حالة عمل (كما ذكرنا سابقا) .

٦- عند انخفاض كمية الوقود في الخلايا الداخلية للخزانات الجانبية عن مستوى الحساس المسئول عن تشغيل صمام التحويل يتم تشغيل صمام التحويل وانتقال الوقود من الخلايا الخارجية إلى الخلايا الداخلية.

ملاحظة: لاحظ تغير وضعية صمامي التحويل من الإغلاق إلى الفتح.

٧- في نهاية عملية الهبوط يتم إطفاء المحركات،وذلك بإغلاق صمامي الـLP التابعين لهما ويتم تشغيل صمام الـLP للمحرك المساعد .

نظام التّشغيل اليدوي:

يستخدم هذا النظام في حالات الطوارئ أو في حال وجود عطل في النظام الآلي، فعلى سبيل المثال في حال توقف مضخات الخزان الرئيسي واستهلاك الوقود من الخزانات الجانبية، فعندما تصبح كمية الوقود في الخزانات الجانبية أقل من كمية الوقود المتبقية في الخزان الرئيسي تظهر مؤشر خطر عند الطيار لتشغيل مضخات الخزان الرئيسي بشكل يدوي لاستهلاك الوقود من الخزان الرئيسي وتجنب حالة الخطر الحاصلة . حيث إن استمرار استهلاك الوقود من الخزانات الجانبية يؤدي إلى زيادة وزن جسم الطائرة بالنسبة للجناحين وارتفاع قيمة محصلة القوى والعزوم المؤثرة على الجناح مما يشكل خطر على إنشاءات الجناح (حيث أن وزن الوقود الموجود في الجناح يقلل من محصلة القوة الإنشائية المؤثرة عليه)

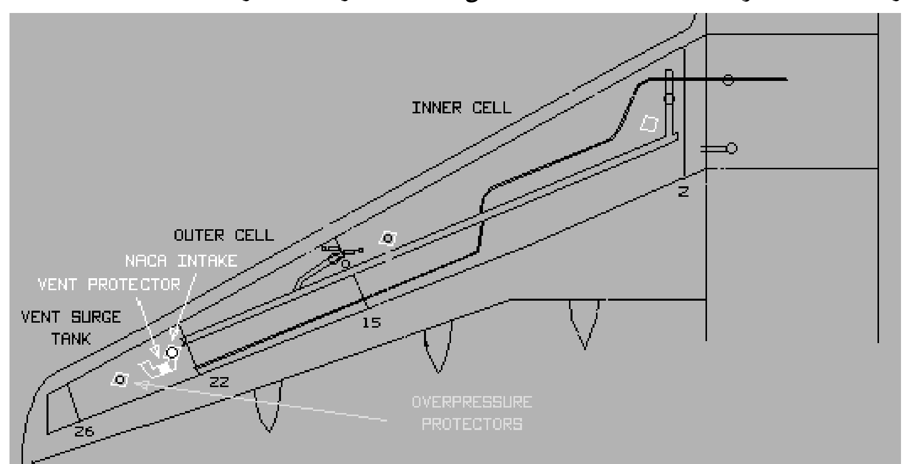
تنفيس نظام الوقود:

يستخدم عند تعبئة الوقود في الخزانات وعند استهلاك الوقود أثناء الطيران حيث أنه أثنـــاء عمليـــة شحن الخزانات بالوقود يجب تفريغ الهواء من الخزانات ولذلك نستخدم نظام التنفيس.

ويتألف من الأجزاء التالية :

١- خزان تجميع الوقود Surge Tank:

وله فتحة لسحب وتصريف الهواء الموافق لعملية الشحن والاستهلاك،وهذا الخزان موصول إلى مجرى الذي تتوضع في نهايته فتحة الحماية والتي تمنع دخول اللهب إلى داخل الخزانات في حالة حدوث حريق ، في داخل هذا الخزان توجد مضخة لإعادة الوقود المتجمع بداخله والمتسرب مع الهواء إلى الخلية الخارجية للخزانات الجانبية ، وتستمد هذه المضخة طاقتها من المضخات الرئيسية للخزانات الجانبية .



٢- أنابيب التوصيل :

وهي تقود الهواء من الخزانات الجانبية والخزان الرئيسي إلى خزان تجميع الوقود Surge Tank.

٣- صمامات متنوعة:

وتتنوع حسب الوظيفة الواجب تنفيذها وهي:

◄ *صمامات Check Valves:*

- تتوضع هذه على أنابيب التوصيل والتي تسمح بخروج الهواء ولا تسمح بخروج الوقود من خلالها، وفي حال تسرب كميات من الوقود خلال هذه الصمامات يتم إيـــصالها بواســـطة الأنابيب إلى خزان التجميع Surge Tank.

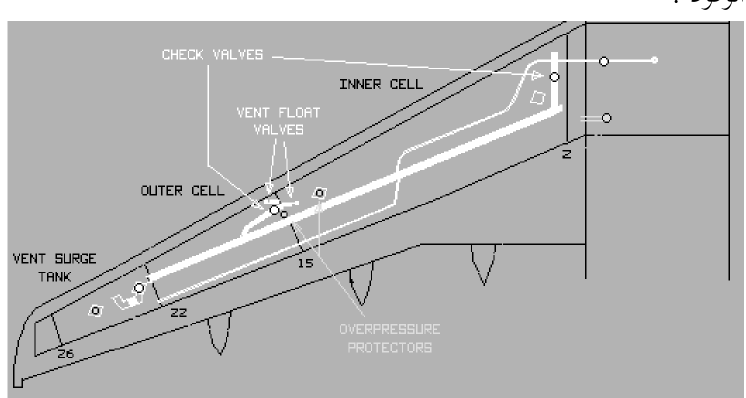
◀ *صمامات Over pressure Protector:*

وهي صمامات حماية تعمل عند ارتفاع ضغط الوقود داخل الخزانات .

- يتوضع صمام من هذا النوع بين الخزان الرئيسي والخلية الداخلية للخزان الجانبي حيث عند زيادة ضغط الوقود في الخزان الرئيسي فان الصمام يفتح ويمررا لوقود إلى الخلية الداخلية للخزان الجانبي .
- يتوضع صمام من هذا النوع بين الخليتين الداخلية والخارجية للخزان الجانبي حيث عند ما تمتلئ الخلية الخارجية ويزداد ضغط الوقود بداخلها يفتح هذا الصمام ويمرر الوقود إلى الخلية الداخلية.
- يتوضع صمام من هذا النوع بين الخلية الداخلية والوسط الخارجي وعندما تمتلئ الخلية الداخلية بالوقود ويزداد الضغط فيها فيفتح الصمام ويمرر الوقود للوسط الخارجي .
- يتوضع صمام من هذا النوع بين خزان تجميع الوقود والوسط الخارجي ويعمل بنفس الآلية الأخيرة.

◀ *صمامات Float Valve :*

- تتوضع هذه الصمامات بين الخليتين الداخلية والخارجية للخزانات الجانبية وتعمل هذه الصمامات على تمريرا لهواء من الخلية الخارجية إلى الخلية الداخلية أثناء عملية شحن خزانات الوقود .

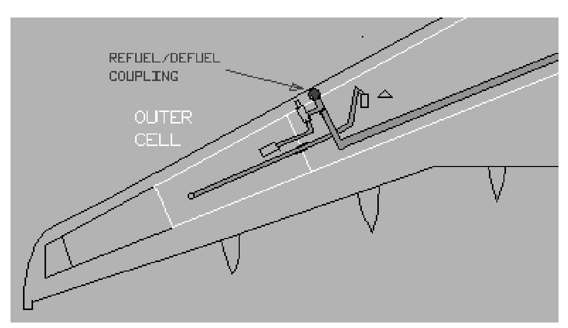


نظام تزويد وتفريغ الوقود للطائرة
Refuel / Defuel System

يتألف هذا النظام من الأجزاء التالية :

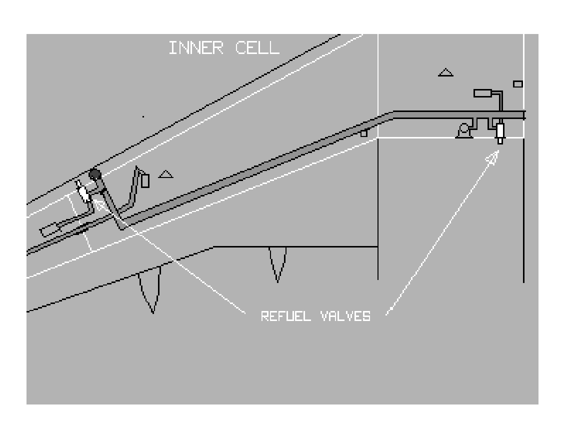
١) فتحة تعبئة وتفريغ رئيسية **Refuel/Defuel Coupling:**

تتوضع على الجناح الأيمن للطـــائرة عند حافة الهجوم وتوجد فتحـــة أخـــرى ثانوية تتوضع على الجناح الأيسر .



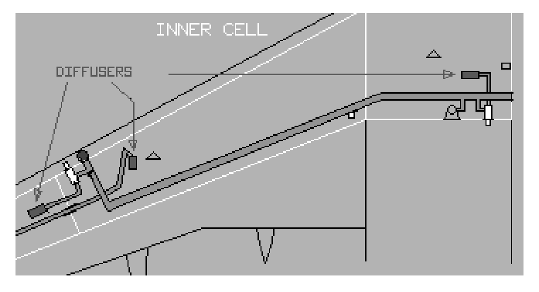
٢) صمامات التعبئة **Refuel Valve:**

تتوضع على خطوط تغذيـــة الخزانـــات ووظيفتها التحكم بتدفق الوقود.

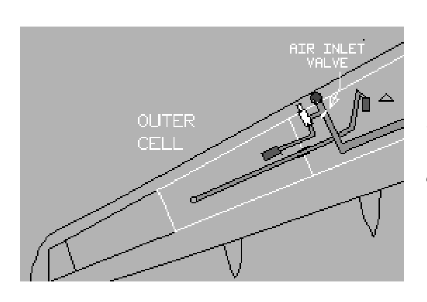


٣) النواشر **Diffusers :**

تتوضع في نهاية خطوط التغذيـــة عنـــد المصب ووظيفتها تنظيم تدفق الوقود وإخمـــاد الاضطرابات في جريان الوقود .

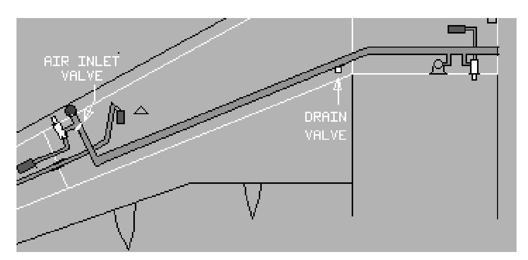


٤) صمام دخول الهواء Air inlet valve :



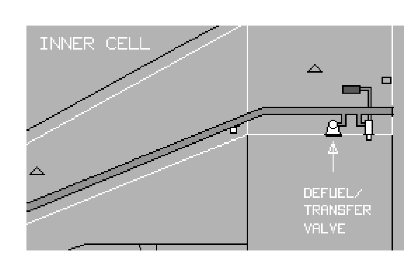
ويتوضع بجانب فتحة التعبئة الرئيسية ووظيفته السماح للهواء بالدخول إلى خط التغذية لتسهيل تدفقه داخل الأنابيب.

٥) صمام التمريرDrain Valve :



وهو صمام يسمح بتمرير الوقود من خط تغذية الخزان الرئيسي إلى الخلية الداخلية للخزان الجانبي وذلك عند شروط معينة.

٦) صمام التصريف Defuel Transfer Valve:



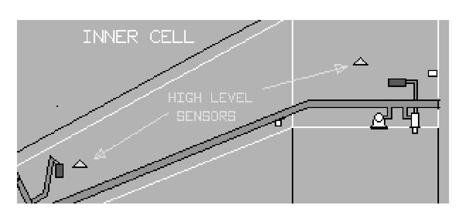
وهو صمام يتحكم به من لوحة التحكم وظيفته إفراغ الخزانات من الوقود حيث أنه موصول مع خطوط تعبئة الوقود وخطوط تغذية المحرك و يتم عن طريقه سحب الوقود من الخزانات

٧)صمام ضغط عدم رجوع Pressure Relief Valve :



وهو صمام يمرر الوقود من الخزان الرئيسي إلى الخزان الجانبي في الجناح المجاور عندما يمتلئ الخزان الرئيسي .

٨) حساسات لقياس مستوى الوقود Sensors:



عبارة عن حساسات ميكانيكية بسيطة أو كهربائية لمعرفة الكمية المتبقية من الوقود داخل كل خزان.

عملية سحب الوقود *Defueling operation*

يتم تشغيل صمام Defuel transfer valve من لوحة التحكم الذي يقوم بوصل أنابيب المضخات مع خطوط التغذية للخزانات ، ثم بعد ذلك نفتح صمام Cross Feed الذي يصل بين خطوط التغذية للمحركات بحيث تصبح شبكة واحدة . ثم بعد ذلك يتم تشغيل المضخات وتتم عملية ضخ الوقود من الخزانات عبر خطوط التغذية إلى الخارج عبر فتحة التغذية الرئيسية Refuel – Defuel coupling.

نظام تغذية المحركات في الشروط الطبيعية والحرجة

– تضخ المضخات المركبة على الخزانات (مضختين لكل خزان) الوقود من الخزانات إلى المحركات وهذه المضخات نابذية كما ذكرنا سابقا.

– تغذى المضخة الرئيسية بجهد متناوب ثلاثي الطور (١٠٥٠ – ٢٠٠٠) حيث تعمل ضمن هذا المجال باستطاعات مختلفة. وتقسم وظائف المضخات إلى :

1– تغذية المحرك .

2– تغذية دارة تسخين الوقود بواسطة الزيت.

3– تشغيل نظام شحن وتفريغ الوقود Refuel/Defuel System.

– توجد منطقة في الخزانات الجانبية تسمى منطقة المجمع تجتمع فيها الأجزاء التالية :

١– مضختي وقود:

متوضعتان في علب داخل الخزان تمنع الوقود من ملامسة جسم المضخة وهذه العلبة مثبتة على الغطاء السفلي للجناح ولها مدخل مربوط مع مصفاة الوقود ولها ثلاث مخارج :

- مخرج علوي مربوط خط تغذية المحرك وتحتوي على صمام عدم رجوع من نوع Flap
- مخرج علوي آخر مربوط مع صمام تتابعي (ترددي) .
- المخرج الثالث مربوط مع المضخة الموضوعة في خزان التجميع التابع لنظام التنفيس (وظيفته تشغيل هذه المضخة) والى مقياس لقيمة ضغط مضخة الوقود .

٢– مصفاتي الوقود:

٣– صمام سحب الوقود Suction Valve:

يعمل هذا الصمام في حالات الطوارئ (مثلا تعطل المضخة الرئيسية) ويتوضع على خط التغذية الرئيسي ويمرر الوقود من الخزان إلى المحرك بواسطة المضخات الثانوية المشغلة من قبل المحرك ، وتسمى هذه العملية تغذية المحركات بالجاذبية Gravity Feeding.

٤- صمام تحرير (تنفيس) الهواء Air release Valve:

ووظيفته التخلص من الهواء الموجود في خط التغذية الرئيسي ويتوضع في أخر خط التغذيـــة قبـــل الدخول للمحرك .

٥- صمام الضغط المنخفض LP Valve:

يتوضع قبل المحرك في نهاية خط التغذية ووظيفته قطع تغذية الوقود إلى المحرك عند إطفاء المحرك ، وفي حالات الطوارئ مثل اشتغال المحرك .

٦- صمام Cross Feed Valve:

وظيفته فصل نظام ضخ الوقود الكلي إلى قسمين (واحد لكل محرك) عندما يكون مغلق . وفي حال عمل هذا الصمام (فتح الصمام) يصبح نظام عمل واحد (شبكة واحدة) أي أنه في حـــال تعطـــل أي مـــن المحركات يمكن استهلاك الوقود من جميع الخزانات ويستخدم في حالة سحب الوقود من الخزانات (عملية التفريغ) .

٧- صمام التحويل Transfer Valve:

يتوضع بين الخليتين الداخلية والخارجية لخزانات الجناح ويفتح عندما يقل الوقود في الخلية الداخليـــة لقيمة معينة ويمرر الوقود من الخلية الخارجية إلى الداخلية .

٨- صمامي عدم الرجوع :

عندما تكون المضخات في حالة توقف فان صمامات عدم الرجوع تمنع تدفق الوقود بشكل عكسي إلى المضخة.

٩- مضخات الـ Center Tank:

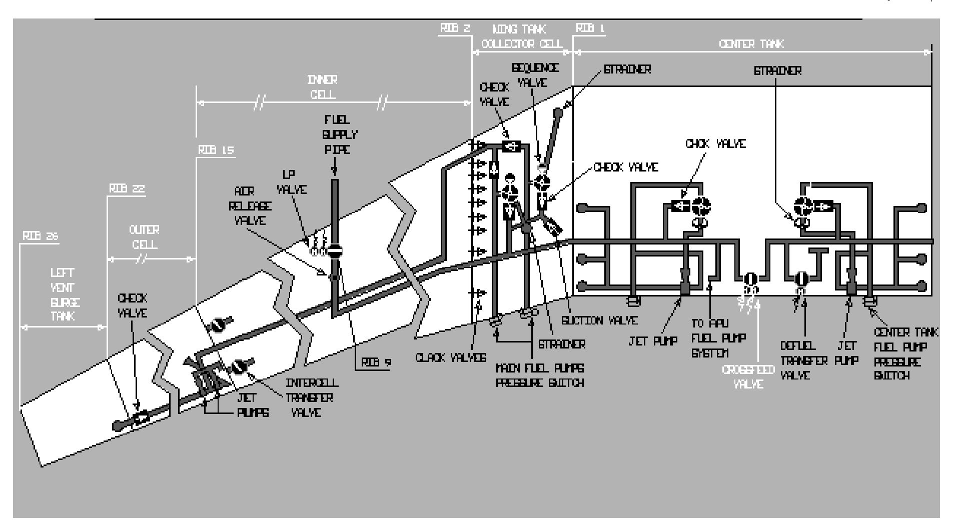
تتوضع أيضاً في علب مثبتة إلى الغطاء السفلي للخزان ولها مدخل موصول مع مصفاة وقود، ولهـــا مخرجين :

١- مخرج لتغذية المحركات مع صمام عدم رجوع من نوع Flap.

٢- مخرج لتشغيل مضخة خزان التجميع وإلى حساس لقياس قيمة ضغط الوقود.

١٠- مقاييس الضغط:

ووظيفتها قياس ضغط الوقود في خط التغذية بحيث ترسل إشارات تحذير في حالة زيادة أو انخفاض الضغط.



نظام التبادل الحراري
IDG cooling system

ويتم فيه عملية تبادل حراري للوقود بهدف ما يلي:

١- تبريد الزيت:

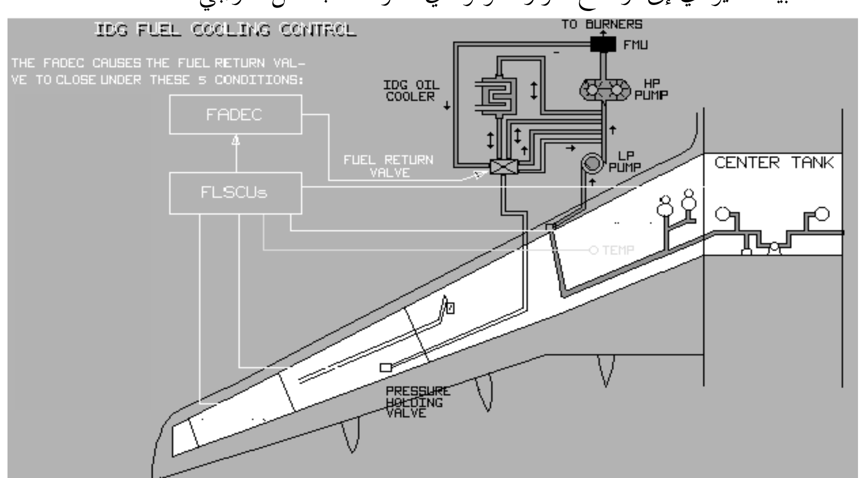
معظم الأنظمة العاملة في الطائرة تحتوي على الزيت مثل(نظام الهيدروليك) وخلال عمل هذه الأنظمة ترتفع درجة حرارة الزيت نتيجة انضغاطه في المضخات مما يؤثر على خواصه ويقلل من لزوجته ، ومـــن أجل الحفاظ على خواص الزيت ولزوجته يتم تبريده وبالتالي الحفاظ على العناصر الميكانيكية والحد مـــن التآكل لأجزائها .

٢- تسخين الوقود:

إن رفع درجة حرارة الوقود إلى حد معين يؤدي إلى احتراق كامل للوقود داخل الحـــرّاق وبالتـــالي التخفيض من استهلاك الوقود وزيادة فعالية عملية الاحتراق .

آليـــــة العمـــــــــل

- يدخل قسم من الوقود (المأخوذ من خط التغذية الرئيسي للمحرك) المبادل الحراري وتتم عملية التبادل بين الزيت والوقود مما يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة الوقود، وبعد خروجه من المبادل يتم مزجـــه مع وقود بارد لتجنب الارتفاع الزائد في درجة الحرارة، ثم بعد ذلك يمر عبر صمام، ويتـــابع تدفقـــه إلى الخزانات الجانبية مما يؤدي إلى ارتفاع حرارة الوقود في الخزانات بشكل تدريجي.



● الصمام الموضوع في دارة التسخين متحكم به آليا من قبل مـــتحكم آلي رقمــي موثــوق FADEC والذي يأخذ إشارته (إشارة دخله) من وحدة التحكم الموصولة مع حساسات موضــوعة في الخزانات.

ملاحظة: الاختصار FADEC يعني Fuel Authority Digital Engine Control

● يعطي FADEC إشارة للصمام بالإغلاق وإيقاف دارة التسخين في الحالات التالية :

١- عندما ينخفض مستوى الوقود في الخلية الخارجيـة إلى مـستوى حـساس الوقـود المتدني،حيث أنه في هذا يقلل من كمية الوقود الغير صـالحة للاسـتهلاك في الخليـة الداخلية .

٢- عندما ترتفع درجة حرارة الوقود في الخلية الداخلية إلى مستوى عالي حوالي 52 C̊ .

٣- عندما ترتفع درجة الحرارة في الخلية الخارجية إلى مستوى عالي حوالي 55 C̊ لتجنب حدوث انفعالات تؤدي إلى تشققات في جدران الخلية .

٤- عند انخفاض ضغط المضخات الرئيسية أو تعطلها، وذلك لتجنب الانخفاض في تـدفق الوقود إلى المحرك في حالة الطوارئ. (خلال عملية تغذية المحركات بالجاذبية).

نظام تغذية المحرك المساعد

APU feed system

يتألف نظام تغذية المحرك المساعد من العناصر التالية :

١- مضخة وقود:

تتوضع ضمن علبة تعزل جسم المضخة عن الوقود .

٢- صمام ضغط منخفض LP Valve:

ويتحكم بتدفق الوقود الداخل للمحرك المساعد,حيث يتم إغلاقه في حالة حدوث حريق في المحــرك وفي حال إنهاء عمله بقطع الوقود عنه.

يستمد محرك الــ APU وقوده من خط التغذية الأيسر (من يسار صمام الــ Cross feed) وعند فتح هذا الصمام فإن المحرك يستمد الوقود من كافة شبكة الوقود.

ويضخ الوقود للمحرك APU إما بواسطة المضخات الرئيسية المركبة على الخزانات محرك أو مــن مضخة الوقود الخاصة بمحرك APU.

